

A világegyetem eredete és fejlődése

Julieta Fierro, Susana Deustua, Beatriz García

International Astronomical Union,

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Space Telescope Science Institute, USA

ITeDA and Universidad Tecnológica Nacional, Argentina



Az univerzum, a mindenség:

Tér, űr

Anyag

Energia

Idő



Folyamatos fejlődésben van.

Az univerzum minden objektuma változik,
valamint a velük kapcsolatos elképzeléseink is.

Alig egy évszázad telt el azóta, hogy elegendő megfigyelésünk van ahhoz, hogy számszerűsítsük a világegyetemmel kapcsolatos ismereteinket, és megpróbáljunk tudományos kutatást végezni ebben a témában.



Az elmúlt néhány évtized óta rendelkezünk információkkal az univerzumból, és tanulmányozhatjuk azt. Korábban csak találgatások, feltételezések voltak vele kapcsolatban.



**A világegyetem intuitív megítélése nem az
ősrobbanás szokásos modelljén alapszik.**

**A történelem során a különböző kultúrák másként
próbálták magyarázni az univerzum szerkezetét. Például a
babiloniak azt gondolták, hogy a Föld lapos, néhány
kiemelkedéssel, és elefántok tartják a hátukon, amelyeket
viszont egy kígyóval körülvett teknősre helyeznek. A
földrengéseket elefántok átrendezésével magyarázták.**



A modell tesztelése:

Az elefánt és a teknős árnyéka soha nem hasonlít a Föld illetve a Hold árnyékára.

Csak egy gömbnek lehet mindig kör alakú árnyéka. A Holdfogyatkozás bemutatása.



A tudományos ismeretek fejlődése

- Elmélkedés, reflektálás
- A természettel kapcsolatos kérdések megfogalmazása
- Kísérletezés
- Az eredmények értelmezése
- Az új ismeretek közzététele cikkeken keresztül
- Amikor más tudósok kedvezően véleményezik elképzeléseinket, eredményeinket, a tudásunk biztos alapokra helyeződik. Akkor is tanulunk, ha a hibákra mások mutatnak rá.

A Big Bang standard modellje

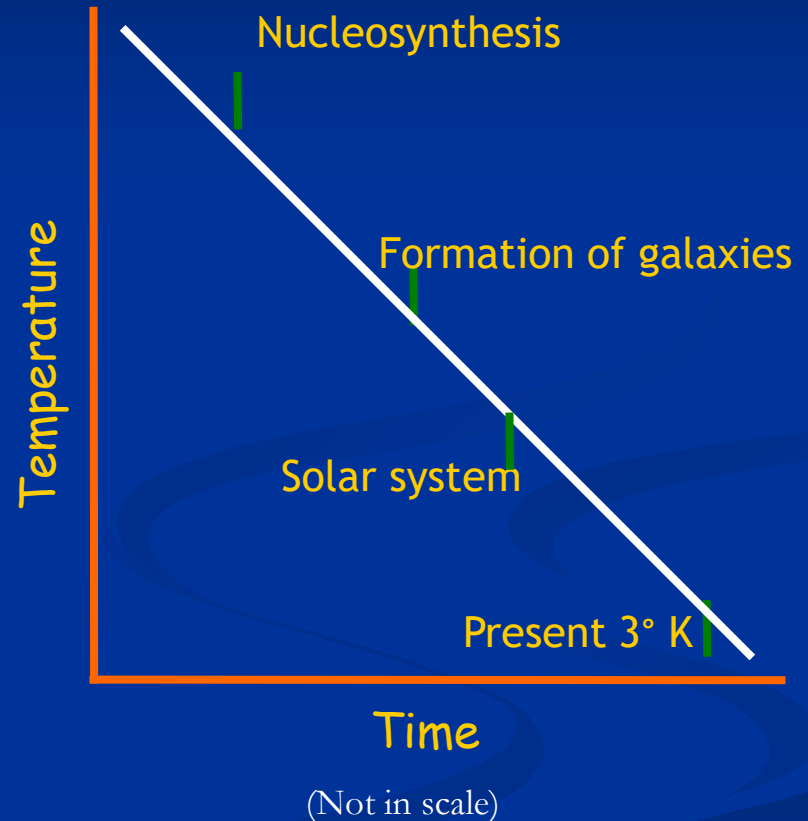
- Ez a legegyszerűbb modell, amely magyarázza a:
 - Az univerzum tágulását
 - A kozmikus háttérsugárzást
 - Az univerzum kémiai összetételét
 - Az univerzum izotrópiáját
- Léteznek más keletkezési modellek is



- A tudomány nem állítja, hogy rendelkezik a végső tudással a témával kapcsolatban.

Az Univerzum tágulása

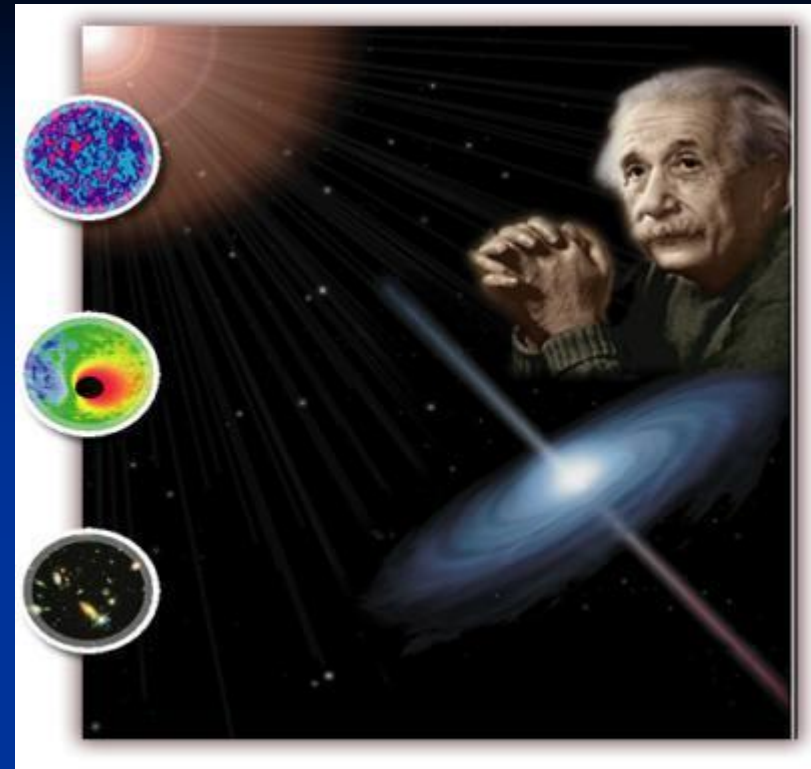
- Az Univerzum hozzávetőlegesen 14 milliárd évvel ezelőtt keletkezett.
- Minden akkor kezdődött, amikor az energia felszabadult a vákuumból.
- Ez kitágult és lehűlt a folyamat során.
- Ennek eredményeként ez az energia anyaggá alakult.



Az asztrofizika a fizika és a csillagászat azon része, mely az univerzumban található objektumok fizikájával foglalkozik.

Albert Einstein felismerte, hogy az energia átalakítható anyaggá és fordítva. A világegyetem kezdetén a vákuum energiája anyaggá alakult.

A csillagok belsejében az energia anyaggá változik, ezért sugároznak.



Az anyag és az energia közötti ekvivalencia:

$$E = mc^2$$

kvarkok, leptonok

p^+ n e^-

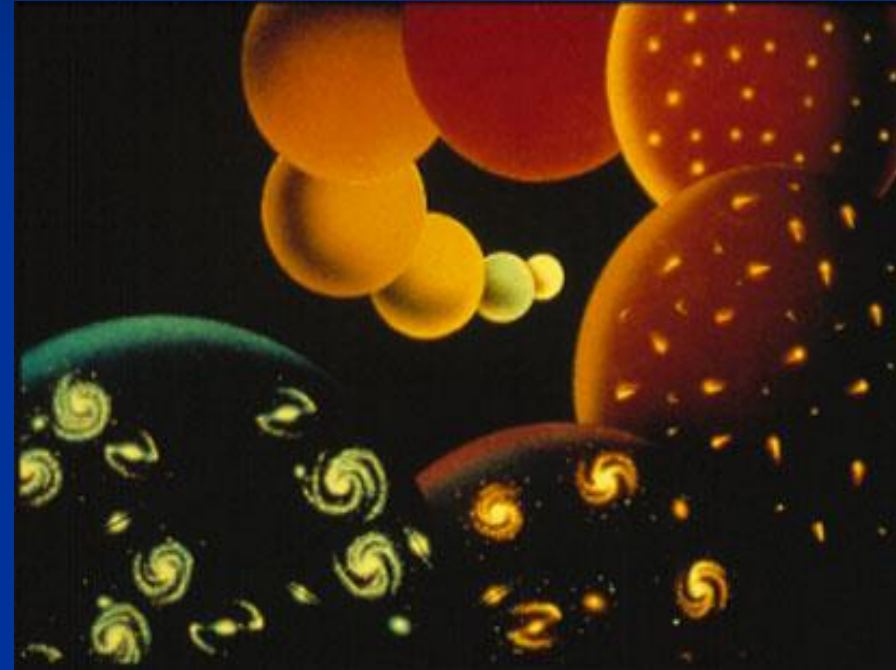


Kezdetben az anyag ionizált állapotban volt

Később semleges atomokká alakult át.

Az atomok felhőket alkottak, a belsejükben pedig kialakultak az első galaxisok az első csillagokkal.

Jóval később kialakultak a kőzetbolygók (például a Föld), és megjelent az élet első jele is.



A kémiai elemek kialakulása

Protonok, neutronok és elektronok keletkeztek a világegyetem születésének első percében. Ők alkották később a legegyszerűbb atomokat, a H-t és He-t.

$$E = mc^2$$

H - p^+ - protonok alkotják

4 H –ből: He + 2 ν + 2 e^+ + 2 γ keletkezik

- A többi elem termionukleáris reakciók révén képződött a csillagok belsejében.
- A nehéz atomok, mint például az urán, akkor keletkeznek, amikor a csillagok felrobbannak, és a kibocsájtott részecskék egymással ütköznek, új elemeket hozva létre.
- Több ezer millió év telt el az ősrobbanás után, amikor a hidrogéneken és a héliumon kívül más elemek keletkeztek a csillagok evolúciója révén.



Fizika és kozmológia

A mindennapi élet anyagának a kialakulását olyan alkotóelemekkel magyarázhatjuk, mint a kvarkok, protonok, neutronok és leptonok (az egyik legismertebb az elektron) valamint ezek kölcsönhatásaival, például az elektromágnesességgel.

Család			Kölcsönhatás
lepton	elektron	neutrino	Elektromágneses kölcsönhatás
kvark	up	down	Erős kölcsönhatás
barion	proton	neutron	Gyenge- és erős kölcsönhatás

A modell ezen egyszerűsége segít megérteni, hogy milyen volt a korai világegyetem, ahol az energia anyaggá, az anyag energiává alakult át.



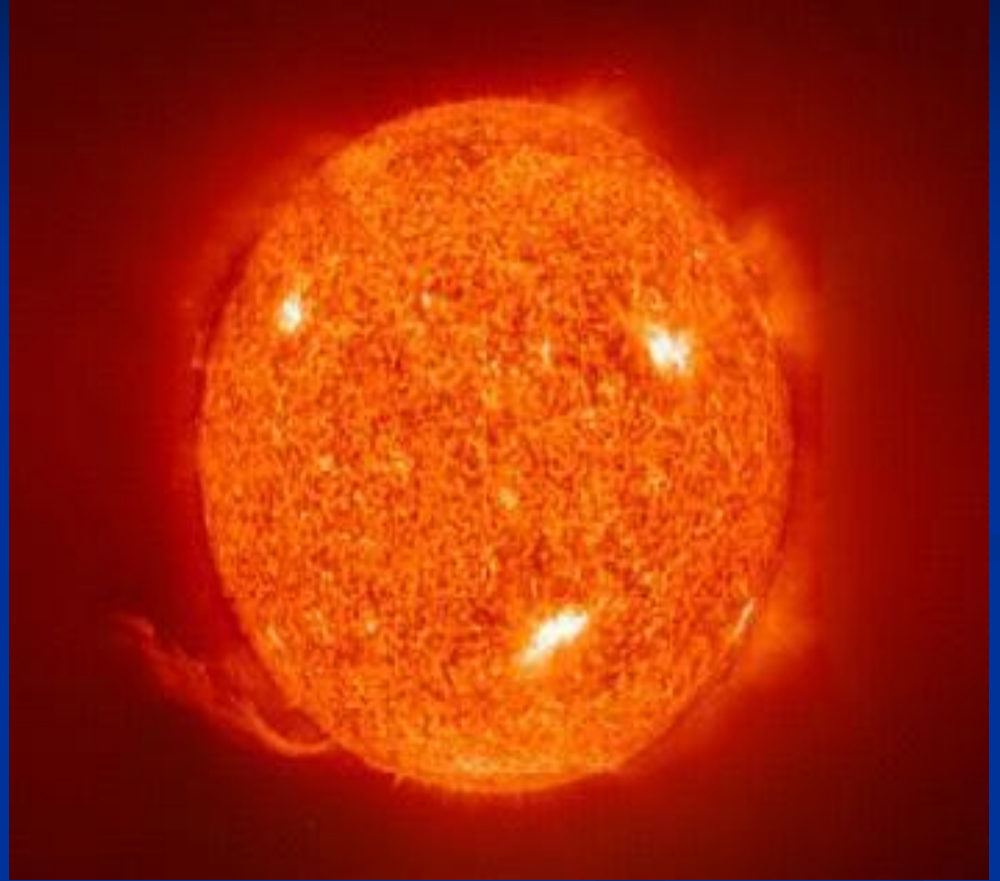
A megfigyeléseken keresztül tanulunk

- Az égi objektumok fizikai tulajdonságairól;
- A méretekről és távolságokról;
- Az időről és fejlődési korokról;
- Az univerzum tágulási folyamatáról;
- A háttérsugárzás hőmérsékletéről;
- Az objektumok kémiai összetételéről;
- Az univerzum szerkezetéről;
- Miért van sötét éjszaka;
- A sötét anyagról és a sötét energiáról;

A Nap

A legtöbbet tanulmányozott objektumok a legfényesebbek – ezeket a legkönnyebb megfigyelni.

A Nap és a többi csillag a legismertebb objektumok az univerzumban.



Naprendszeren kívüli bolygók



Az elmúlt években több száz bolygót fedeztek fel más csillagok körül. Ezek azért váltak érdekessé, mert megzavarták a csillagok megfigyelhető fénygörbéit, pályáját, és nem pedig azért, mert fényt bocsátanak ki.

Az élet



Az univerzum egyik jellemzője, hogy élet van benne. Jelenleg még nem fedeztek fel életet a Földön kívül. Úgy gondoljuk, hogy az élet kialakulásához vízre van szükség, megfelelő hőmérsékletre, mert ez megkönnyíti az anyagcserét és a komplexek molekulák kialakulását.



Csillagközi anyag

A csillagok közötti tér nem üres, hanem csillagközi anyag tölti ki. Ez az az anyag, amelyből az új csillagok képződnek.

A csillagok a gáz- és porfelhőkben születnek. A felhők összenyomódva új csillagokat alkotnak. Életük legnagyobb részét azzal töltik, hogy hidrogénmagjukban héliummá és energiává alakulnak át.



Aztán később keletkezik szén, nitrogén és oxigén - azon elemek, amelyek az élő anyag alkotó elemei is.



Napszerű csillagok életrajza



Amikor a csillagok kimerítik az üzemanyag tartalékukat, a bennük keletkezett részecskéket a környező űrbe bocsátják ki. Minden csillaggeneráció után a csillagközi közeg -ahol az új csillagok születtek -egyre gazdagabb lesz nehezebb kémiai elemekben.

Csillaghalmazok

Sok 100 - 1,000,000 csillag, csillaghalmazokba tömörül.



Jewel Box (NGC
4755), nyílthalmaz



Omega Centauri,
gömbthalmaz



Galaxis

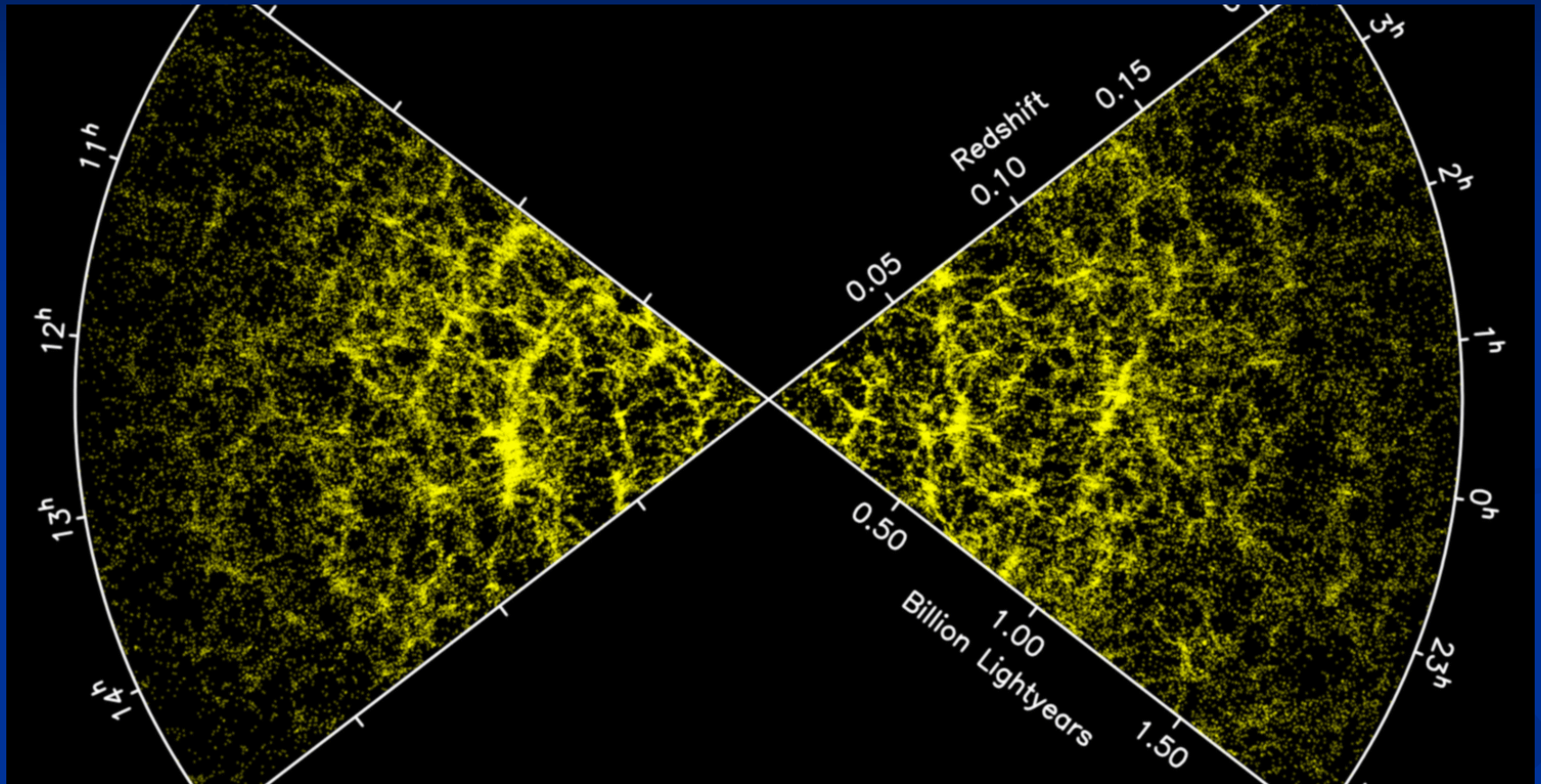


Whirlpool Spirális Galaxis
forrás: Hubble Space Teleszkóp

A csillag
konglomerátumok
galaxisokat alkotnak.
Ezek lehetnek spirálhoz
hasonlóak, mint a Tejút,
több 100 milliárd
csillaggal, azok
bolygóival, holdakkal és
üstökösökkel, gáz, por és
az úgynevezett sötét
anyaggal, amely a galaxis
nagyobb részét alkotja.



Filamentáris univerzum



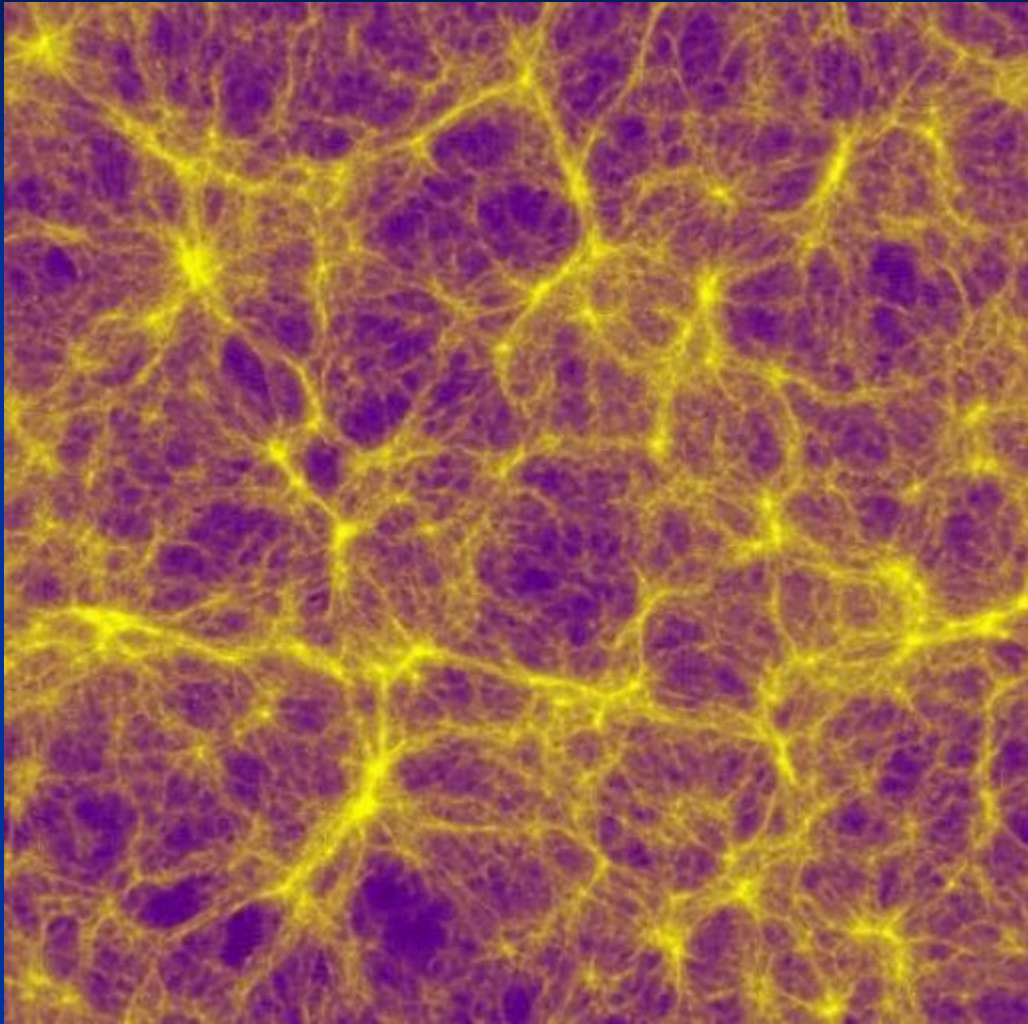
A galaxisok csoportjai úgynevezett filamentumokban (szálakba) rendeződnek, amit filamentáris univerzumnak nevezünk.

Mintha az Univerzum egy óriási habfürdő lenne, ahol a hab kitölti a galaxisok közötti üres teret, és az idő múlásával a térfogat, az anyag hiánya miatt növekszik.



Amint az Univerzum tágítja a galaxishalmazok közötti teret, úgy az univerzum sűrűsége jobban csökken.

A filamentáris univerzum modellje



A galaxisok halmazai és a szuperhalmazok szálakba rendeződnek, akár egy buborék felszínén.

A modell megfelel a megfigyelések során tapasztaltakkal.

forrás: Millennium Project Max Planck Institute.



Az Univerzum szerkezete: összefoglalás

- A csillagok csillaghalmazokba rendeződnek.
- A csillaghalmazok galaxisokat alkotnak.
- A galaxishalmazok néhány száz vagy több ezer galaxisból állnak.
- Az univerzum legnagyobb struktúrái a filamentumok (szálak), amelyeket a galaxishalmazok és szuperhalmazok hoznak létre.



A kozmosz méretei

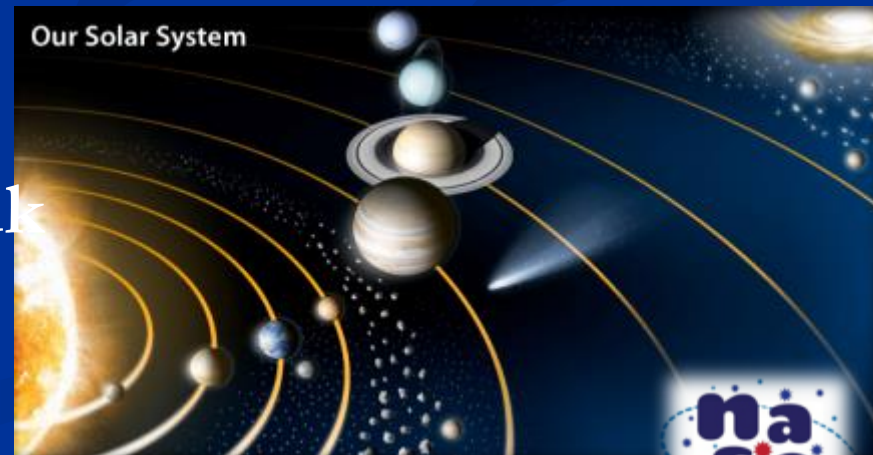
Megbecsülhetjük az egy méternyi egység nagyságrendjét, egy gyermek méretéhez hasonlítva, valamint az ezerszer nagyobb egységet, az egy kilométert...



... Az ezerszer nagyobb távolság, az ezer kilométer, repülővel pár óra alatt megtehető.

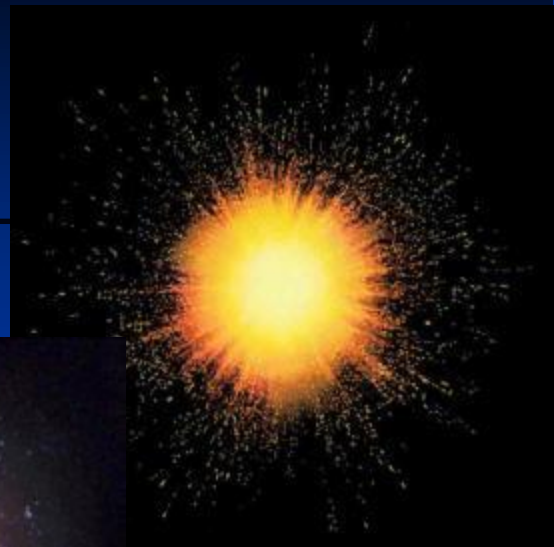
Ahhoz, hogy eljussunk a Holdra, három napra van szükségünk, és több évig kell repülni ahhoz, hogy megtegyük a Nap és a Jupiter közötti távolságot.

A közeli csillagok távolsága ezerszer is nagyobb ennél.



Korszakok az univerzum fejlődésében

Big bang	14 000 000 000 év
A galaxisok kialakulása	13 000 000 000 év
A Naprendszer kialakulása	4 600 000 000 év
Az élet megjelenése a Földön	3 800 000 000 év
A komplex életformák megjelenése	500 000 000 év
A dinoszauruszok megjelenése	350 000 000 év
A krétakori kihalás	65 000 000 év
Az ember megjelenése	120 000 év

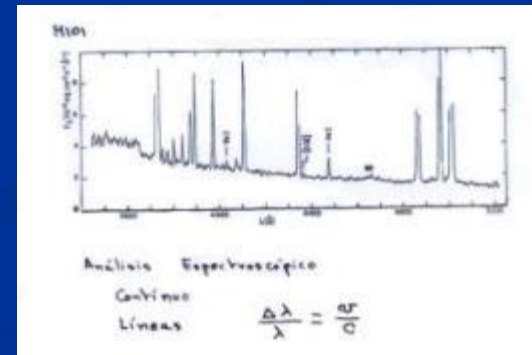
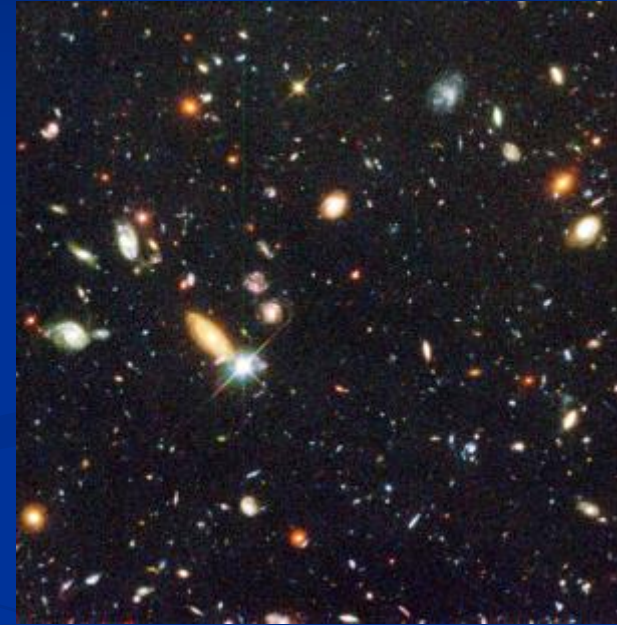


**Az ember megjelenése nagyon „közeli”
esemény.**

Az univerzum megfigyelése

Fénykép készíthető a csillag helyzetének és megjelenésének, vagy az általa kibocsátott fény mennyiségének meghatározásához.

A spektrumok segítségével meghatározható a csillagok sebessége. Ez az úgynevezett fénytani Doppler –hatással lehetséges. A csillagok és galaxisok által kibocsátott, visszavert vagy elnyelt sugárzást elemezve megismerjük a természetüket. (Doppler effektus)



A Standard Modell alappillérei

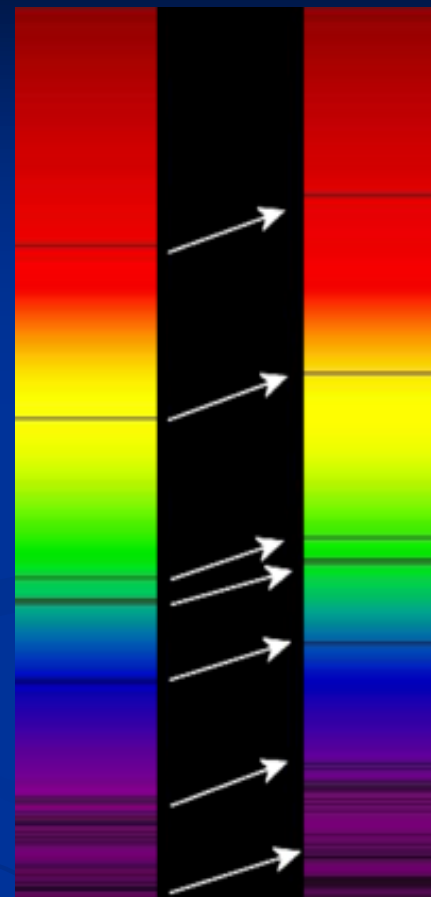
Az univerzum tágulása

A Doppler vörös eltolódás a tágulást jelzi. (Ha a csillagok közelebb kerülnek a megfigyelőhöz, a fényük kékesebb, és ha távolodnak, akkor vörösebbek).

A galaxishalmazok csoportjai távolodnak egymástól, és minél távolabbb vannak, annál nagyobb sebességgel távolodnak

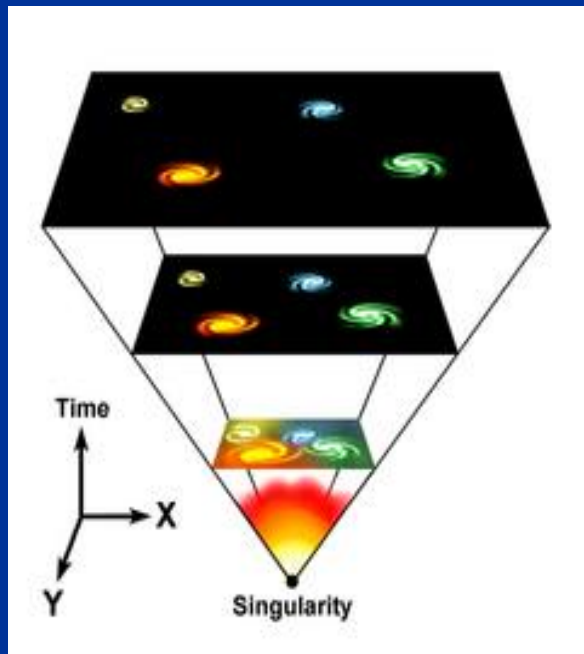
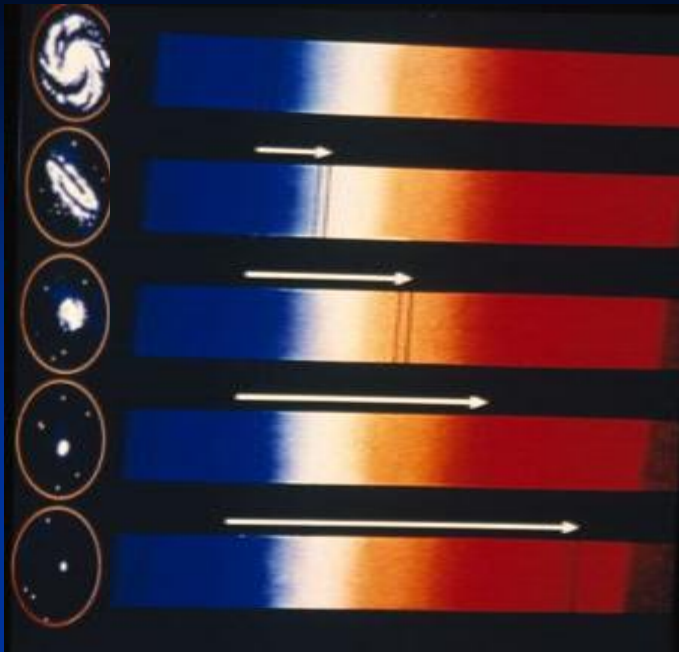
A kémiai elemek sokasága az univerzumban

A Kozmosz első perceiben csak H és He képződött; a tágulás leállította az atomok termelését: a sugárzás energiát veszített, és nem tudtak tovább protonokká és neutronokká átalakulni. A C, N és O a csillagok belsejében keletkezett, és keveredtek a csillagközi anyaggal a csillagok halálakor.



Kozmikus tágulás

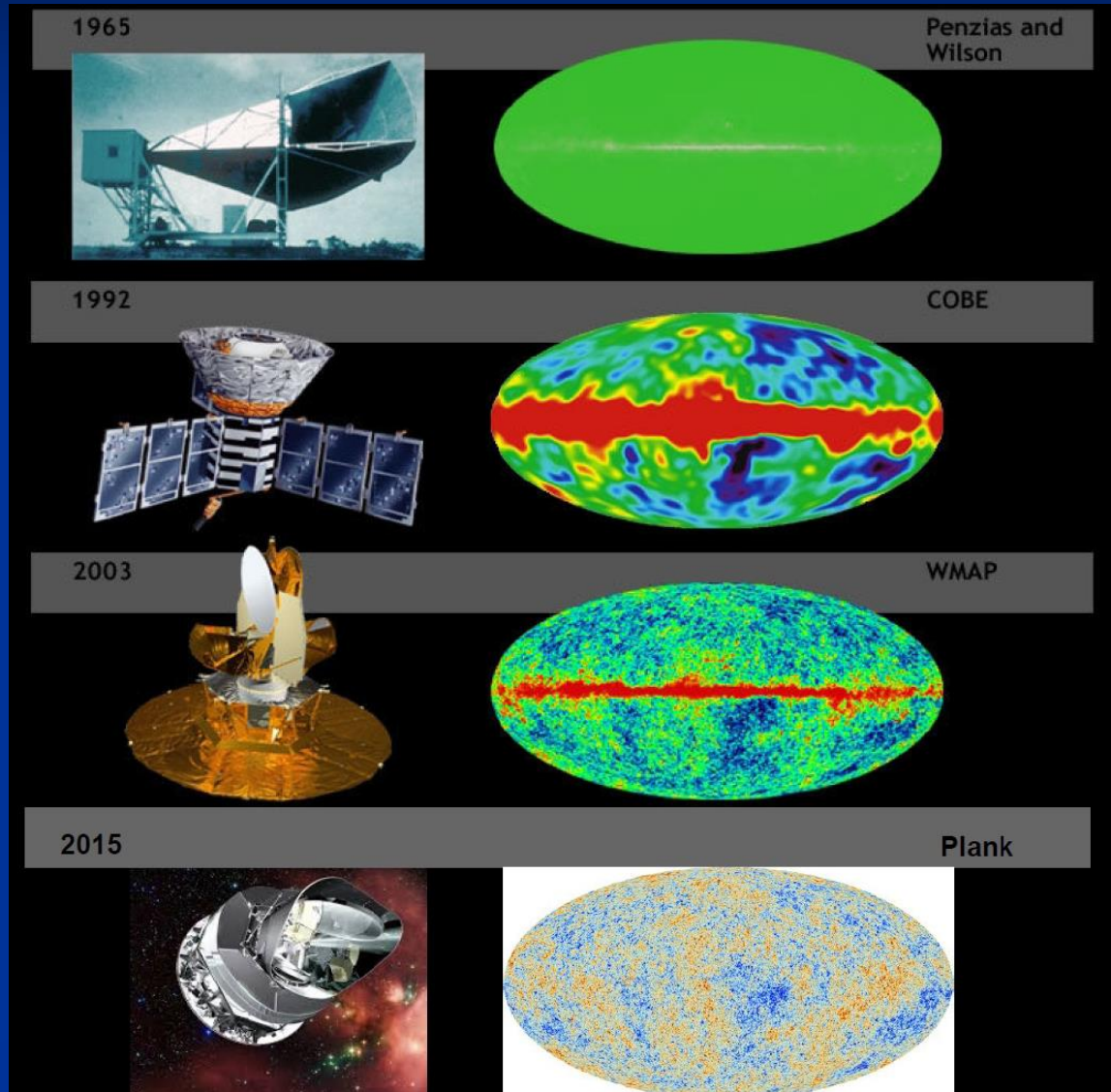
Amint a tér kitágul, a sugárzások fotonjai is „megnyúlnak”. Ami a múltban rövid hullámhosszúságú gamma –sugárzás volt, azt ma rádióhullámként figyelhetjük meg.



A kozmikus tágulást mérve kiszámíthatjuk az Univerzum korát, ami kb. 14 milliárd év. Ez a becslés pontosabb, mint a legidősebb csillagok esetén mért életkor.

Kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás (CMB)

A COBE, a WMAP és a PLANCK missziók térképet készítettek a CMB sugárzás eloszlásáról, minden alkalommal egyre részletesebbet. Eközben kis ingadozásokat észleltek: az anyagcsomók lenyomatait, amelyekből galaxisok kezdtek kialakulni.



Van-e széle az univerzumnak?



A világegyetem stabilitásának szükséges feltétele, hogy folyamatosan táguljon. Ellenkező esetben megszűnne létezni, abban a formában, ahogyan most látjuk. Az univerzum tágulása az ősrobbanás standard modelljének egyik alappillére.

Viszont ... nincs tágulási középpont...



A gravitáció uralja az univerzumot?



Az Univerzum óriási tömeget tartalmaz, tehát hatalmas gravitációs erővel rendelkezik. A gravitáció vonzásként nyilvánul meg.

Az ősrobbanás tágulása kompenzálja a gravitációt

Az univerzum gyorsulva tágul, és a gyorsulásért felelős energiaforrás ismeretlen.

A távoli galaxisok megfigyelésekor azt látjuk, hogy milyenek voltak a múltban. A közeli galaxisok különböznek a távoli galaxisoktól.



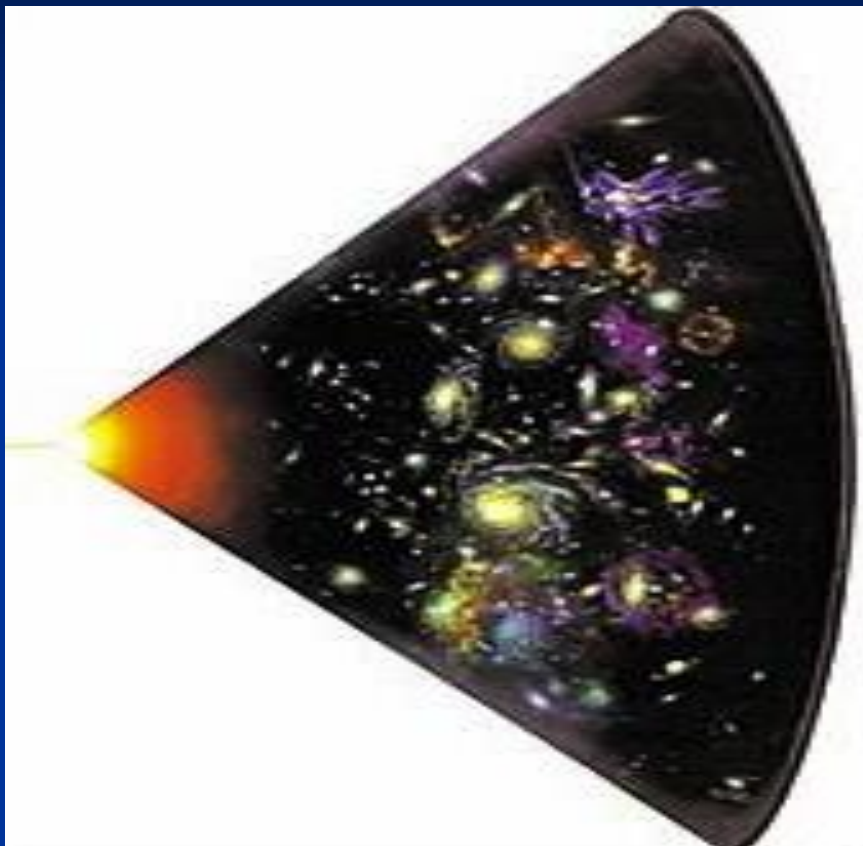
Közeli Spirál Galaxis



A nagyon távoli
galaxisok kicsik és
amorfak



Fejlődés



Van egy határ, amelyen túl nincs információnk a Kozmoszról.

Nem figyelhetjük meg azokat a csillagokat, amelyek fénye több milliárd év alatt ér el minket.

Ha a mi világegyetemünk kicsi lenne, akkor csak egy kis részéről rendelkeznénk információval, és ha végtelen lenne, akkor is csak kicsi részét látnánk.



Az Univerzum LÁTHATATLAN
része kb. 95%, amit sötét anyag és
sötét energia alkot, ezeket a
LÁTHATÓ objektumokra
gyakorolt hatásaikon keresztül
érezkeljük.

Ma még nem ismerjük, hogy a sötét
anyagot és a sötét energiát mi alkotja.



A tenger felszíne



Mintha tengerbiológusok lennénk, és távolról csak a tenger felszínét látnánk...

A tenger mélye

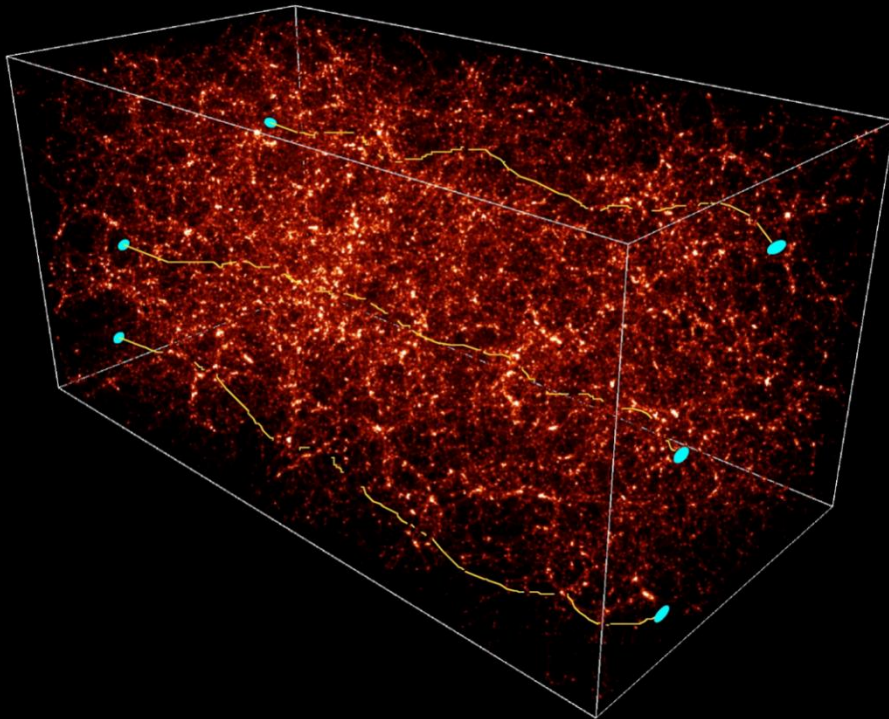


Ha közelebbről nézzük, nagy változatosságot fedezhetünk fel.

A sötét anyag

Tudjuk, hogy minden észlelt csillagászati objektumon kívül még több ezer olyan van, amelyekről nincs egyéb információnk, csak a tömegük. Formájukat és méretüket nem ismerjük.

DEFLECTION OF LIGHT RAYS CROSSING THE UNIVERSE, EMITTED BY DISTANT GALAXIES



SIMULATION: COURTESY NIC GROUP, S. COLOMBI, IAP.

Úgy gondolják, hogy a sötét anyag szálas szerkezetű. A kék formák távoli galaxisokat jelölnek. A sárga vonalak a galaxisok által kibocsátott fény útjai. Sötét anyag nélkül ezek egyenesek lennének.



A csillagok a galaktikus középpont körül mozognak, mert annak tömege vonzza őket. A galaxishalmazok nem hullnak szét a gravitációs erő hatására.

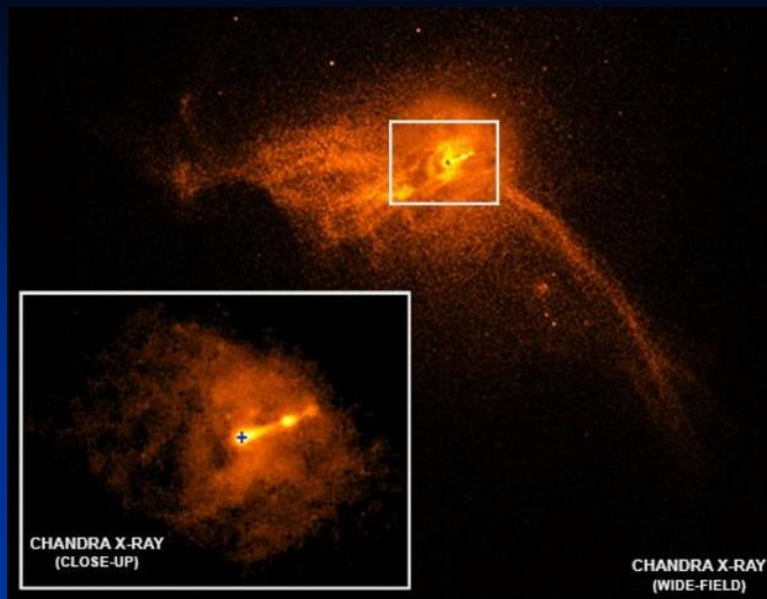


A sötét anyagot nem látjuk, de a gravitációs hatása miatt észlelhetjük.



Vannak olyan objektumok, amelyek mások körül mozognak, és amelyeket mi nem látunk. Például vannak csillagok és csillagcsoportok, amelyek a galaxisok közepén lévő fekete lyukak körül mozognak.



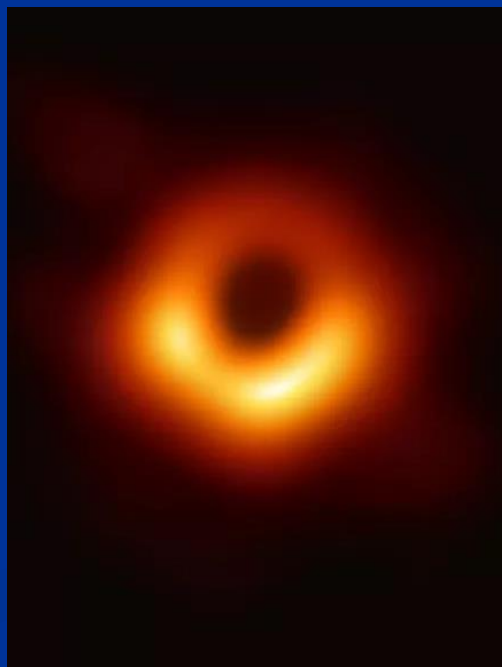


Az M87 középső része, amely 53.5 millió fényévre van a Naptól.

(forrás: NASA/CXC/Villanova University/J. Neilsen)

“Árnyék” és eseményhorizont egy szupermasszív (6,5 milliárdszor nagyobb tömegű, mint a mi Napunk) fekete lyuk esetén az M87 közepén. (credit: Event Horizon Telescope)

Az Eseményhorizont Teleszkóp projekt több mint 200 tudósból és 60 intézményből álló konzorcium, 6 kontinens 18 országában: 8 rádióteleszkóp az egész Földön.



A szuper-masszív fekete lyukról készített első képet 2019. április 10-én tartott sajtótájékoztatón mutatták be.

Az univerzum fejlődése

Nagy időskálán nézve az univerzum tovább fog tágulni. A tágulás sebessége idővel növekszik, felgyorsul. A gyorsulásért felelős energia még mindig ismeretlen, sötét energiának hívjuk.

Több milliárd év után minden csillagközi anyag elfogy, és a csillagképződés leáll.

A protonok felbomlanak és a fekete lyukak elpárolognak.

A világegyetem hatalmas lesz, tele egzotikus anyaggal és alacsony energiájú rádióhullámokkal.

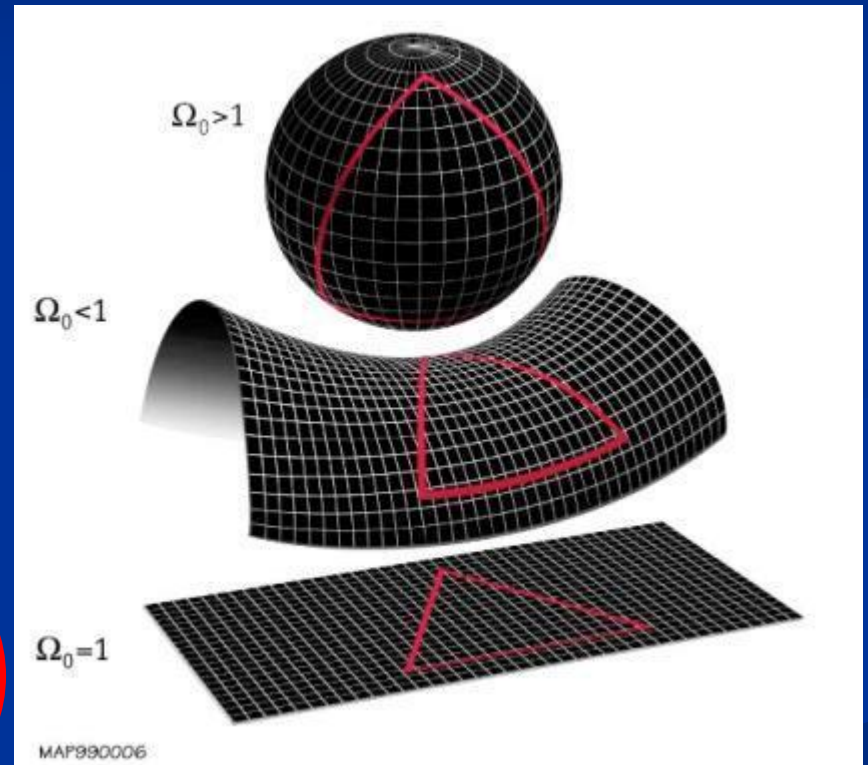


Az univerzum geometriája a kozmológiai állandótól függ

Zárt $\rightarrow \Omega > 1$

Nyitott $\rightarrow \Omega < 1$

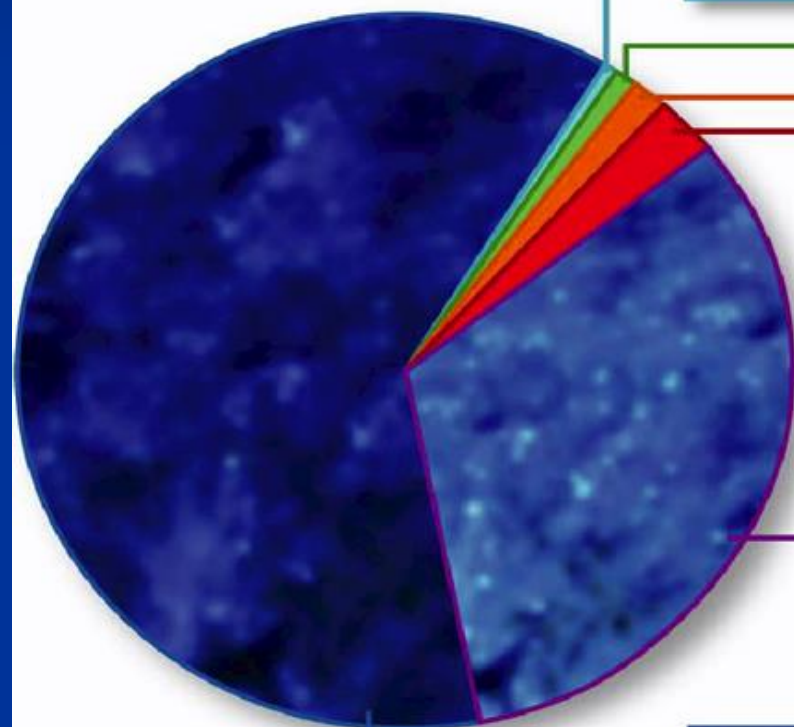
Lapos $\rightarrow \Omega = 1$
(az inflációs elmélet előrejelzése)



Az univerzum fejlődése függ az összetevőitől

Kozmológiai állandó

$$\Omega_{\text{total}}=1.0$$



Nehéz elemek

0.03%



Neutrínó

0.47%



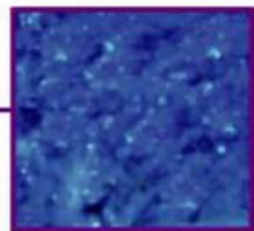
Csillagok

0.5%



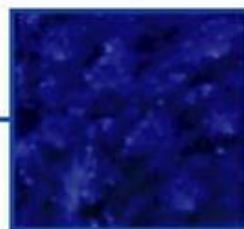
Szabad
H és He

4%



Sötét anyag

25%



Sötét energia

70%

A sikeres modell: **Ősrobbanás - Big Bang** (feltételezés- bizonyítás)

- **Tágulás:**
igazolva a **XX. század** elején **E. Hubble** által.
- **Kozmikus háttérsugárzás:**
igazolva a **60-as években** **A. Penzias** és **R. Wilson** által.
- **A kémiai elemek sokasága:**
a múlt században végzett mérések igazolják.
- **Nagyméretű szerkezet:** igazolták a **XX. század végén** a **szálas szerkezet** felfedezésével.



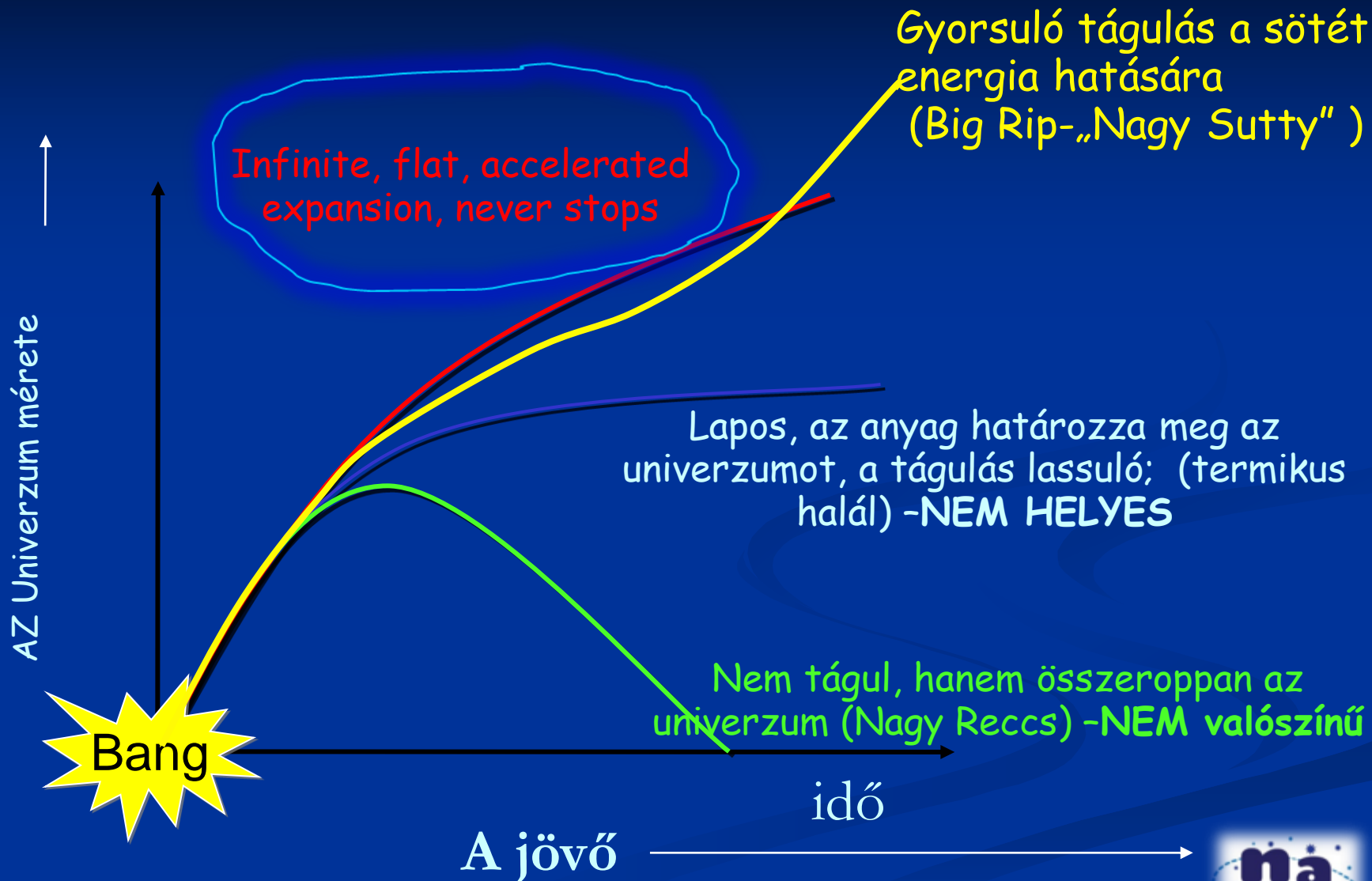
Az univerzum lehetséges jövője (lehetséges elméletek)

- Nagy Reccs (nincs tágulás, hanem összehúzódik az univerzum)
- Lapos, termikus halál (a tágulás leáll)
- **Végtelen, lapos, állandó tágulás**
(ez egy elfogadott elképzelés)
- „Nagy Sütty” vagy Nagy szakadás (gyorsuló tágulás)

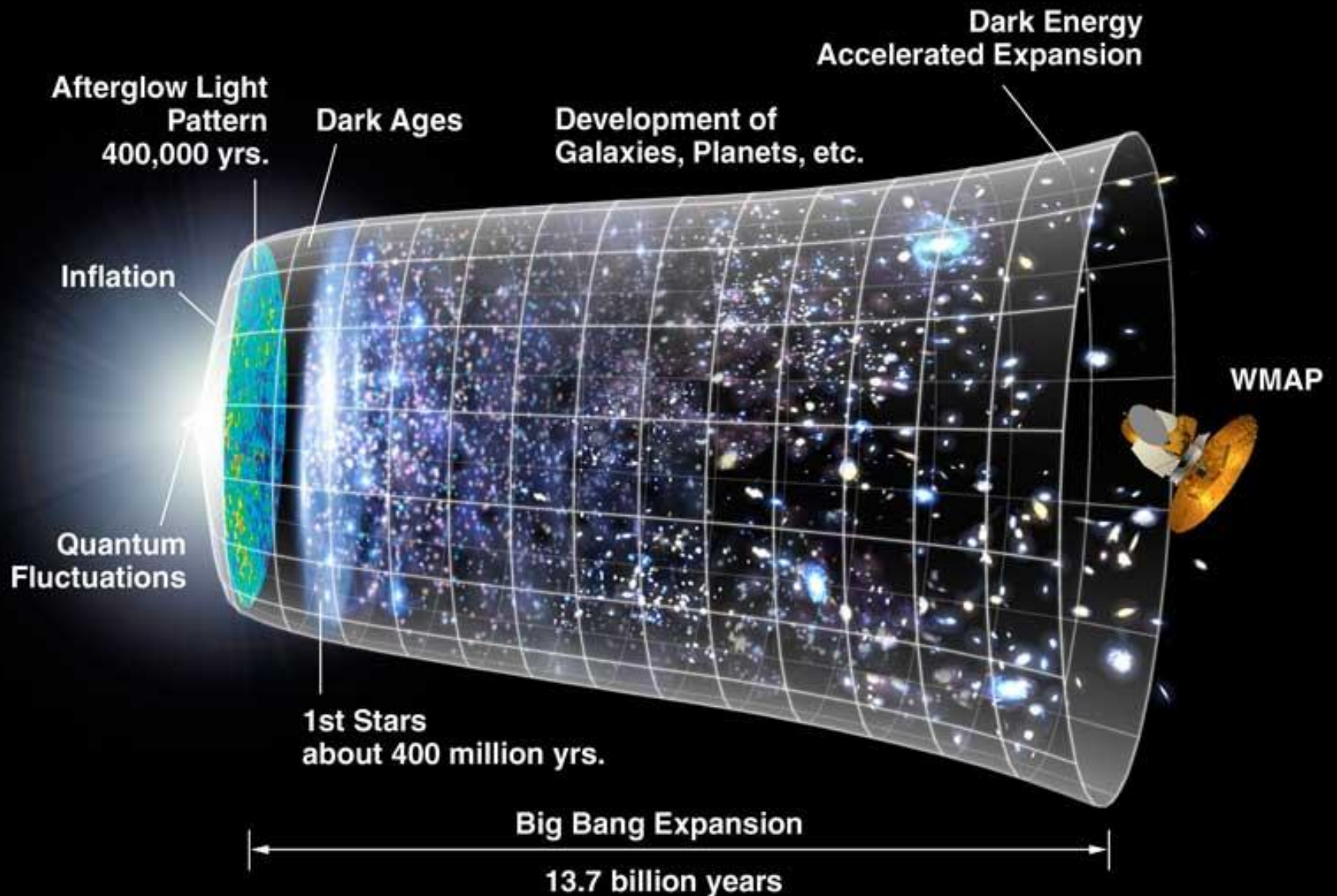
Az univerzum jövője függ a világegyetem összetételétől, a kritikus sűrűségtől és a sötét energia létezésétől.



Az univerzum alakja és sűrűsége

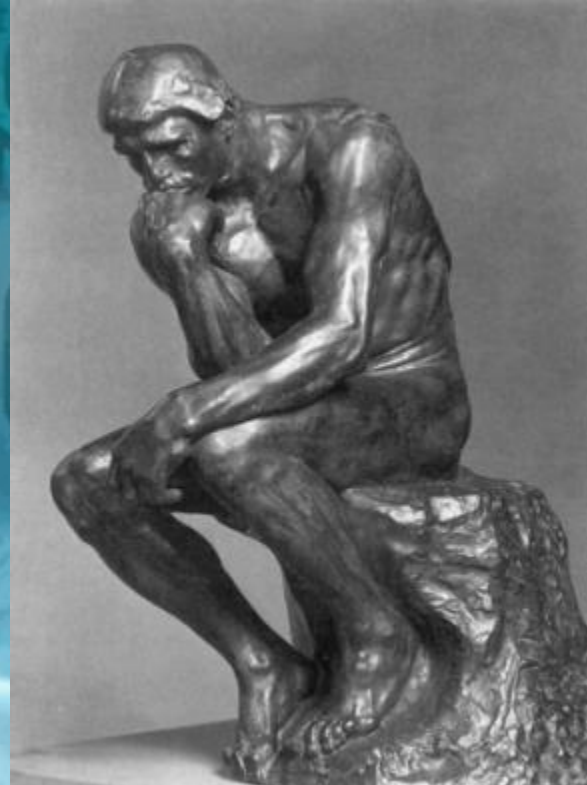


Az univerzum története



Epilógus

Rendkívüli korban élünk, amelyben a fizikai törvények segítségével tanulmányozhatjuk az univerzumot.



Lehetséges, hogy idővel elképzeléseink megváltoznak, de a tudomány így fejlődik...

Köszönöm a figyelmet!